



УДК 621.31

О ВОЗМОЖНОСТИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ СЭС С ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ ПО ПАРАМЕТРАМ КАЧЕСТВА ЭНЕРГИИ

PARALLEL OPERATION OF SOLAR POWER STATION WITH THE POWER SYSTEM WITH REGARD TO ENERGY SUPPLY QUALITY

Обухова Наталья Викторовна, студент каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: enatikru@gmail.com, Тел.: +7(912)287-98-78

Щеклеин Сергей Евгеньевич, д-р. техн. наук, профессор каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru. Тел.: +7(902)442-15-47

Егоров Александр Олегович, кандидат техн. наук, доцент каф. «Автоматизированные электрические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: a.o.egorov@urfu.ru. Тел.: +7(922)213-23-78

Natalia V. Obukhova, student, Department «Nuclear Energy and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: enatikru@gmail.com. Ph.: +7(912)287-98-78

Sergey E. Shcheklein, Doctor Sc., Prof., Department «Nuclear Energy and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: s.e.shcheklein@urfu.ru. Ph.: +7(902)442-15-47

Alexandr O. Egorov, Candidate of Technical Sciences, Associate Prof., Department « », Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: a.o.egorov@urfu.ru. Ph.: +7(922)213-23-78

Аннотация: В статье рассматривается возможность совместной работы солнечной электростанции с энергосистемой. Анализируются параметры качества электроэнергии системы фотоэлектрических преобразователей согласно ГОСТ. Представлены графики колебаний напряжения и частоты.

Abstract: Possibility of parallel working of solar power station with power system is considered in this paper. Power quality parameters of photovoltaic system according GOST are analyzed. Frequency and voltage deviations graphs are presented.

Ключевые слова: фотоэлектрические преобразователи; энергосистема; качество электроэнергии; напряжение; частота; гармоники.

Key words: photovoltaic converter; power system; electric power quality; voltage; frequency; harmonic.

ВВЕДЕНИЕ

В большинстве развитых стран мира для выработки электроэнергии все шире используются возобновляемые источники энергии, доля которых в ряде стран достигла свыше 20%. В связи с этим является актуальным исследование параметров качества и динамические характеристики электрических режимов работы солнечной электростанции (СЭС), при параллельной работе с традиционной энергетической системой. Совместная работа СЭС с энергосистемой возможна только при соответствии качественных

характеристик генерируемой энергии требованиям существующего электросетевого предприятия.

Известно, что современные фотоэлектрические преобразователи на основе полупроводниковых материалов генерируют электрическую энергию постоянного тока

[1], преобразование которой в переменный осуществляется путем инвертирования широтно-импульсным методом [2]. Для совместной работы СЭС с энергосистемой требуется также синхронизация параметров по амплитуде, частоте,

фазе и соответствие энергии требованиям ГОСТ по другим параметрам качества [3].

Качество электроэнергии является одной из важнейших её характеристик. От параметров качества напрямую зависят срок службы электрических приборов, их работоспособность и эффективность.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования характеристик качества электрической энергии, генерируемой СЭС и передаваемой в сеть при помощи инвертора-синхронизатора StecaGrid 500 M4 (Германия).

Измерение показателей качества электроэнергии (ПКЭ) и снятие графиков нагрузки осуществлялось с помощью прибора регистратора-анализатора ПКЭ Chauvin Arnoux CA 8335+.

Для измерений использовалась система фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), вертикально расположенных на южной стене учебного корпуса №8 Уральского федерального университета, как изображено на рисунке 1.

В ручном режиме осуществлялась подготовка установки к испытаниям и считывание информации для последующего анализа. Испытания проводились в круглосуточном режиме, в связи с этим все операции по сбору и сохранению информации были автоматизированы.



Рис. 1. Система фотоэлектрических преобразователей

Блок-схема установки для исследований приведена на рисунке 2.

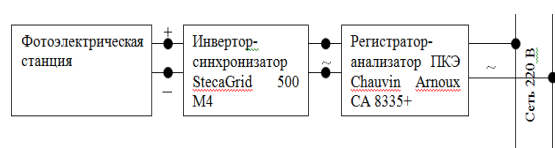


Рис. 2. Блок-схема установки

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ СТАНДАРТАМ

С регистратора-анализатора были получены такие выходные данные, как форма напряжения и составляющие напряжения высших гармоник. Провалы, прерывания напряжения и перенапряжения не зафиксированы.

ОТКЛОНЕНИЕ ЧАСТОТЫ

Показателем качества энергии, относящимся к частоте, является отклонение значения основной частоты напряжения электропитания от номинального значения, Δf , Гц:

$$\Delta f = f_m - f_{nom} \quad (1)$$

где f_m – значение основной частоты напряжения электропитания в интервале времени 10 с, Гц;
 f_{nom} – номинальное значение частоты напряжения электропитания, Гц.

Данные измерений и расчетов по частоте представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты отклонения частоты

f_{nom} , Гц	f_m , Гц	Δf , Гц
50	49,99	0,01
	49,99	0,01
	49,99	0,01
	49,99	0,01
	49,99	0,01
	49,99	0,01
	49,99	0,01
	49,99	0,01
	49,99	0,01
	49,99	0,01

Так как по ГОСТ допустимые отклонения частоты $\pm 0,2$ Гц, то зарегистрированные значения удовлетворяют норме.

НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТЬ НАПРЯЖЕНИЯ

Показателями КЭ, относящимися к гармоническим составляющим напряжения являются:

- значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения до 40-го порядка $KU(n)$ в процентах напряжения основной гармонической составляющей U_1 в точке передачи электрической энергии;
- значение суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения KU , % в точке передачи электрической энергии.

Синусоида напряжения представлена на рисунке 2. Гистограмма гармоник – на рисунке 3.

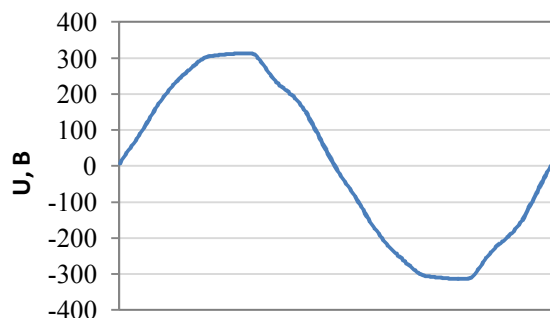


Рис. 2. Синусоида напряжения

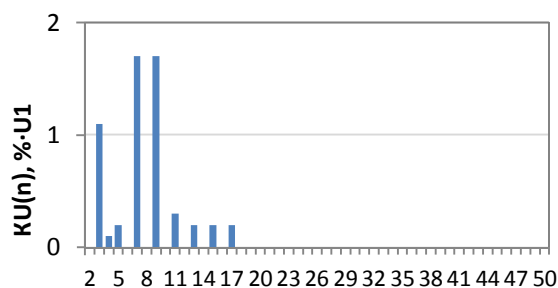


Рис. 3. Гистограмма гармоник напряжения

Значения гармонических составляющих напряжения приведены в таблицах 2, 3, 4, 5.

Таблица 2.
Значения коэффициентов нечетных гармонических составляющих напряжения не кратных трем KU(n)

Порядок гармонической составляющей n	Значения KU(n), % U1 по ГОСТ	Измеренные значения, %
5	6	0,2
7	5	1,7
11	3,5	0,3
13	3,0	0,2
17	2,0	0,2
19	1,5	0
23	1,5	0
25	1,5	0
>25	1,5	0

Таблица 3.
Значения коэффициентов нечетных гармонических составляющих напряжения кратных трем KU(n)

Порядок гармонической составляющей n	Значения KU(n), % U1 по ГОСТ	Измеренные значения, %
3	5	1,1
9	1,5	1,7
15	0,3	0,2
21	0,2	0
>21	0,2	0

Таблица 4.
Значения коэффициентов четных гармонических составляющих напряжения KU(n)

Порядок гармонической составляющей n	Значения KU(n), % U1 по ГОСТ	Измеренные значения, %
2	2	0
4	1	0,1
6	0,5	0
8	0,5	0
10	0,5	0
12	0,2	0
>12	0,2	0

Таблица 5.
Значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения KU

Значение KU по ГОСТ	Измеренное значение
8,0	1,02

ВЫВОДЫ

1. Значения интегральных показателей качества энергии соответствуют требованиям ГОСТ. Дифференциальные показатели в основном имеют достаточно высокий запас по сравнению с требованиями, однако имеется незначительное превышение нормы по 9 гармонике.
2. Совместная работа солнечных электростанций и энергосистемы возможна и при дальнейшем совершенствовании оборудования будет обеспечивать все необходимые интегральные и дифференциальные показатели качества генерируемой энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карабанов С., Кухмистров Ю. Фото-электрические системы. Перспективы. Состав. Параметры // Электронные компоненты. – 2000. – №5.
2. Прищенко А. Основы применения солнечных панелей для промышленных солнечных электростанций // Электрик. – 2011. – №12
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения 15 декабря 2014 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.elec.ru/viewer?url=/files/2014/05/06/GOST-32144-2013-Elektricheskaja-energija.pdf>